ARUP

Kryalos SGR S.p.A. - Fondo Vimercate

Progetto Vimercate

Invarianza Idraulica

Reference: ITA1-DCZZ-ARP-EIA-XXX-XX-RP-C-00011

P01 – EIA - Final Issue | 13 Giugno 2025

This report takes into account the particular instructions and requirements of our client. It is not intended for and should not be relied upon by any third party and no responsibility is undertaken to any third party.

Job number 306525-00

Arup Italia S.r.l.
Corso Italia 1
Milan
20122
Italy
arup.com

ARUP

Document Verification

Project title	Progetto Vimercate
Document title	Invarianza idraulica
Job number	306525-00
Document ref	ITA1-DCZZ-ARP-EIA-XXX-XX-RP-C-0001
File reference	

Revision	**Date**	**Filename**	ITA1-DCZZ-ARP-EIA-XXX-XX-RP-C-0001
P01	13/06/2025	**Description**	EIA – Final Issue

	Prepared by	**Checked by**	**Approved by**
Name	Daniele Catucci	Angelo Mussi Alessandra Villa	Christopher Tolmie
Signature			

Issue Document Verification with Document ✓

GIOVANNI
SCIBILIA
23.06
.2025
14:30:23
UTC

INVARIANZA IDRAULICA

Contenuti

1. Introduzione 5

1.1 Contenuti 5
1.2 Risultati principali 5
1.3 Riferimenti normativi 6

2. Stato di fatto 6

2.1 Inquadramento geologico 7
2.2 Inquadramento idrografico 8
2.3 Rete idraulica esistente 8

3. Dati e ipotesi di progetto 9

3.1 Superfici impermeabili 9
3.2 Curve di possibilità pluviometrica 9
3.3 Coefficiente udometrico 10

4. Stato di progetto 10

4.1 Impianto di smaltimento delle acque meteoriche 10
4.2 Volumi di laminazione 11

5. Modellazione idraulica con SWMM 11

5.1 Input del modello idraulico 11
5.2 Risultati modello con Tr = 50 anni 13
5.3 Verifica con tempo di ritorno Tr = 100 anni 17

Appendice A – Curve di possibilità pluviometrica (CPP) 19

Appendice B – Modello di calcolo SWMM 20

Modellazione dell'evento meteorico 20
Modelli per il deflusso superficiale 20
Modello idraulico per il deflusso in rete 22
Schematizzazione della rete 22
Le equazioni del modello 22

Appendice C – Profili idraulici estratti dal modello idraulico 23

Tempo di ritorno 50 anni 25
Tempo di ritorno 100 anni 28

1. Introduzione

Arup è stata incaricata dal Cliente per la progettazione di un campus di data center situato a Vimercate, nella parte settentrionale dell'Italia. Il campus fornirà 156MW di IT divisi tra tre edifici data center, ciascuno con strutture dedicate per la parte anteriore e posteriore. Il campus è denominato 'Progetto Vimercate' e gli edifici dei data center sono indicati come DC1, DC2 e DC3. DC1 e DC2 forniranno ciascuno 60MW di IT, mentre DC3 fornirà 36MW di IT.

Questa relazione descrive il progetto di invarianza idraulica relative alla costruzione di un Data Center (DC) situato nel comune di Vimercate nella provincia di Monza Brianza.

Questo rapporto dovrebbe essere letto in concomitanza con i disegni:

- ITA1-DCZZ-ARP-EIA-STE-BZ-DR-C-1000
- ITA1-DCZZ-ARP-EIA-STE-BZ-DR-C-1010
- ITA1-DCZZ-ARP-EIA-XXX-XX-DR-C-5020

1.1 Contenuti

La seguente relazione contiene:

- Descrizione del progetto di smaltimento delle acque meteoriche
- Calcolo degli afflussi
- Modello idraulico e calcolo dei volumi di laminazione con Tempo di Ritorno Tr = 50 e 100 anni

1.2 Risultati principali

I risultati principali riportati nel seguente documento sono i seguenti:

- Volumi di laminazione disponibili
  - Vasca di laminazione interrata situata a Nord (VN): 3720 m^3
  - Vasca di laminazione interrata situata a Sud (VS): 13700 m^3
  - Totale: 17420 m^3

- Portata scaricata
  - Coefficiente udometrico: 10 l/s per ettaro
  - Sistema di scarico: due impianti di sollevamento
  - Le tubazioni tra le stazioni di pompaggio e i punti di scarico sono in pressione son un diametro di 0,315 m
  - Portata massima: 140 l/s
  - Scarico in una fognatura bianca gestita Brianza Acque

- Verifica con tempo di ritorno Tr = 50 anni
  - Volume massimo laminazione: 12984 m^3
  - Tempo di svuotamento: 26 ore
  - Assenza di esondazione

- Verifica con Tr = 100 anni
  - Volume massimo laminati: 14821 m^3
  - Grado di riempimento massimo della vasca VN: 87%
  - Grado di riempimento massimo della vasca VS: 79%
  - Fattore di sicurezza della vasca VN: 1.15
  - Fattore di sicurezza della vasca VS: 1.28

  - Assenza di esondazione

- Qualità delle acque scaricate
  - Disoleatore per le acque di prima pioggia
  - Installazione valvola di sicurezza nell'area generatori per prevenire lo scarico di acque contaminate post incendio
  - Le acque di scolo della stazione di rifornimento vengono trattate e scaricate nella fognatura mista.

1.3 Riferimenti normativi

- Regolamento Regionale 23 Novembre de 2017, n.7 – Regolamento recante criteri e modalità per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'artico 58 bis della legge regionale 11 Marzo del 2005, n.12 e successive modifiche apportata con il Regolamento Regionale del 28 Marzo 2025 n.3

  - Coefficiente udometrico 10 l/s per ettaro (Art. 8, comma 1)
  - Volume minimo di attenuazione 800 m^3 per ettaro (Art. 12, comma 1)

Inoltre, il regolamento stabilisce un periodo di ritorno di 50 anni per la progettazione dei volumi di laminazione e un periodo di 100 anni per la verifica del fattore di sicurezza per garantire la prevenzione del rischio di inondazione (Art. 11, paragrafo 2). L'articolo 11, comma 2-f impone che il tempo di svuotamento deve essere inferiore a 48 ore.

- Regione Lombardia – Programma per la tutela l'uso delle acque (P.T.U.A.) - Approvato con Decreto Regionale n. 8/2244 del 29 Marzo 2006- Il seguente decreto fornisce: a) una sintesi del quadro conoscitivo relativo al controllo qualitativo e quantitativo delle acque superficiali e sotterranee; b) gli obbiettivi della programmazione; c) le elaborazioni a supporto delle decisioni; d) le misure di intervento. Oltre ad individuare le cosiddette aree sensibili, il P.T.U.A. stabilisce i vincoli da rispettare per garantire il controllo quantitativo degli scarichi.

- Regione Lombardia - Regolamento Regionale n. 4 del 24 marzo 2006 – Riferimento per la quantificazione delle acque di prima pioggia. Stabilisce la disciplina per lo smaltimento dell'acque di prima pioggia e il lavaggio delle aree eterne, di cui si riportano i seguenti estratti:

  - "Si considera acqua di prima pioggia quella che corrisponde, per ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm distribuita su tutta la superficie di drenaggio servita dalla rete fognaria [...] ipotizzando che l'evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari a 1 per la superficie drenante e a 0,3 per le superfici permeabili di qualsiasi tipo adiacenti, escludendo dal calcolo le aree incolte o ad uso agricolo."

  - "Le acque di prima pioggia e le acque di lavaggio, che devono essere conferite in un corpo idrico superficiale, devono essere inviate in apposite vasche di raccolta perfettamente sigillate, dimensionate in modo da trattenere complessivamente non meno di 50 m^3 per ettaro di superficie drenante".

2. Stato di fatto

Il sito oggetto del presente studio si colloca nel comune di Vimercate (MB) a circa 10 km a nord-est dal centro del capoluogo di provincia, ovvero Monza. Il sito si presenta come un'area avente una superficie totale di circa 140000 metri quadrati (m^2). Il lotto è pianeggiante senza un andamento topografico distinto. Il lotto confina ad Est con la tangenziale Est Milano A 51 e con la strada ausiliare Via Lecco. Mentre nella parte Nord è confinato dalla strada denominata Via Kennedy.

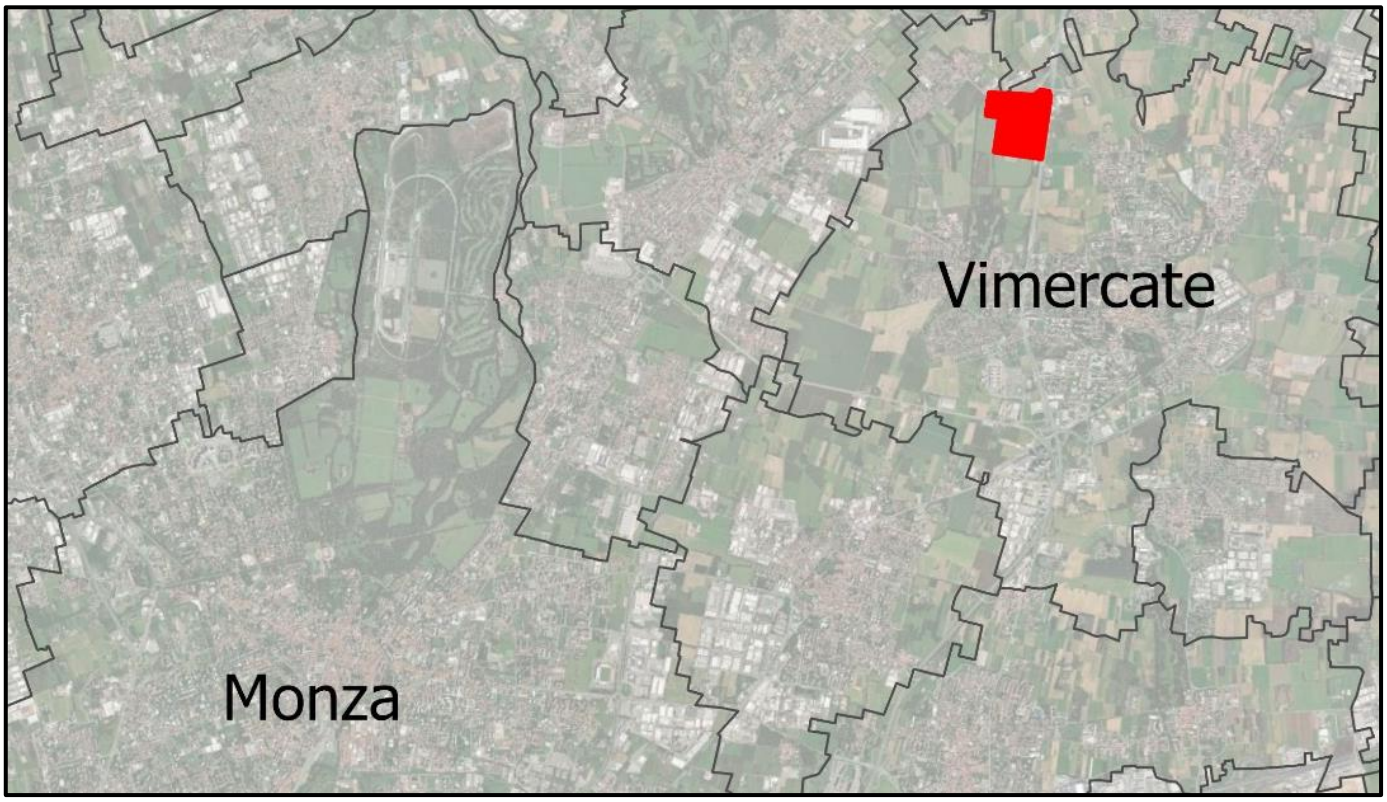


Figura 1 - Immagine del sito con municipalità Monza ed intorno

2.1 Inquadramento geologico

Dalla relazione geologica del 17/04/2025 e allegata al pacchetto di VIA, si può concludere che:

- L'area di intervento è ubicata in un contesto geologico costituito da depositi fluvioglaciali, prevalentemente rappresentati da ghiaie e ciottoli con matrice limoso-sabbiosa. In cinque sondaggi sono stati intercettati orizzonti cementati riconducibili al ceppo lombardo.
- La superficie piezometrica si attesta a profondità comprese tra 15 e 18 m rispetto al piano campagna, con direzione di deflusso prevalente Nord-Sud.
- L'area è classificata in classe di fattibilità 3b, che individua settori soggetti alla presenza di "occhi pollini", corrispondente a fattibilità con rilevanti limitazioni. Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Monza e Brianza individua la zona come ad alta suscettibilità a tale fenomeno carsico. gli "occhi pollini" sono cavità sotterranee tipiche dell'Alta Pianura Lombarda che si formano attraverso processi di erosione sotterranea. La loro genesi è attribuita principalmente alla dissoluzione del cemento carbonatico presente nei depositi conglomeratici e alla rimozione meccanica di particelle fini (limi e argille) ad opera delle acque in circolazione, configurando un processo di erosione ipogea. Le filtrazioni localizzate, come perdite da condotte o infiltrazioni da pozzi, possono intensificare questo processo. L'acqua infiltrata favorisce la dissoluzione dei materiali cementati e il trasporto delle particelle fini, ampliando le cavità esistenti e creando nuove connessioni nel reticolo sotterraneo. Questo aumenta il rischio di sprofondamenti improvvisi del terreno, con potenziali danni alle strutture.

  In tali aree è vietata l'infiltrazione nel sottosuolo di acque meteoriche o reflue, al fine di prevenire l'innesco o l'aggravamento di processi erosivi ipogei (art.11 del R.R. 7/2017).

2.2 Inquadramento idrografico

Il lotto è situato nell'area di competenza dell'autorità di bacino Distretto Fiume Po e del consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi.

Il Comune di Vimercate è interessato dal passaggio di un corso fluviale denominato Torrente Molgora. Tuttavia, nei pressi del lotto non risulta la presenza di un canale o di una roggia nei pressi del lotto. Il Torrente Molgora si trova a 0.80 km ad Est del l'area e il fiume l' Per questa ragione si esclude lo scarico delle acque meteoriche in un corpo superficiale.

2.3 Rete idraulica esistente

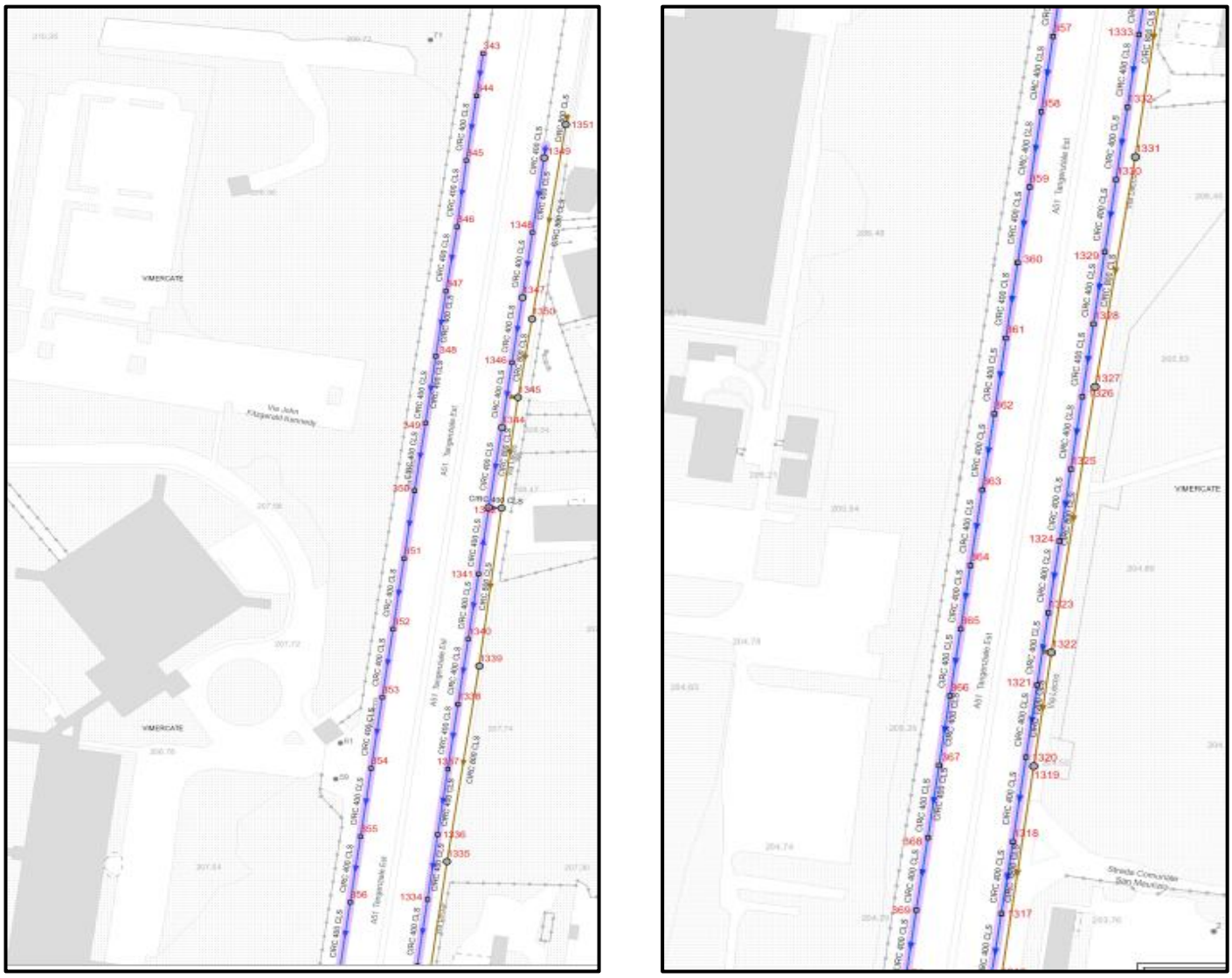


Figura 2 - Rete fognaria esistente da un estratto del portale webGIS di Brianza Acque

Il vecchio edificio di proprietà di IBM aveva due scarichi per le acque meteoriche nella tubazione presente in via Lecco. Questa tubazione risulta essere per le acque meteoriche in calcestruzzo armato precompresso con un diametro nominale di 400 mm (DN 400). Quest'ultima è stata realizzata contestualmente alla realizzazione della A51, nel 1985 Serravalle ha realizzato degli interventi di adeguamento senza nessun nesso con la raccolta delle acque di piattaforma e la gestione della tubazione è stata affidata a Brianza Acque con una convenzione. Al momento della redazione di questa relazione non è stata trasmessa nessuna informazione aggiuntiva per quando riguarda i limiti di scarico. Quindi, per la progettazione sono stati

seguiti esclusivamente i limiti imposti dal R.R. 7/2017.

3. Dati e ipotesi di progetto

3.1 Superfici impermeabili

Le superfici impermeabili e i rispettivi coefficienti di permeabilità (secondo R.R. 7/2017) sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 1 - Superficie e relativo coefficiente di permeabilità

Superficie	Estensione (mq)	Tipologia	Coefficiente di permeabilità
Coperture	53867.00	Impermeabile	1
Viabilità	48594.00	Impermeabile	1
Generatori	27046.00	Impermeabile	1
Park	12087.00	Impermeabile	1
Totale	141597.00	Media Ponderata	1

Le aree, verdi non vengono collettate nel sistema di smaltimento delle acque meteoriche perché il terreno risulta permeabile.
Inoltre, nelle aree di collettamento devono essere incluse anche le aree impermeabili della sottostazione dell'alta tensione, che non fanno parte dell'ambito di questo lavoro ma che hanno in comune il sistema di smaltimento delle acque meteoriche. La portata di scarico nel sistema di attenuazione del centro dati è collegata ai pozzetti situati nella regione nord-ovest dell'area. Il progettista della sottostazione ha calcolato la portata a circa 63,5 l/s, con una durata di 15 minuti, basata sull'area della sottostazione.

3.2 Curve di possibilità pluviometrica

Per la determinazione del regime pluviometrico dell'area di interesse si è fatto riferimento ai dati ufficiali forniti da ARPA Lombardia dai quali, per un dato tempo di ritorno, sono stati ricavati i coefficienti della curva di probabilità pluviometrica "a" e "n".

Tabella 2 - Coefficienti della curva di probabilità pluviometrica a seconda del tempo di ritorno

Tr	2	5	10	20	30	50	100	200
a	29.0185	39.6572	46.8261	53.7979	57.8513	62.9626	69.9356	76.9744
n	0.3001	0.3001	0.3001	0.3001	0.3001	0.3001	0.3001	0.3001

Per maggiori approfondimenti su come sulla metodologia di calcolo delle curve di probabilità pluviometrica vedere Appendice A Tempo di ritorno

Il tempo di ritorno usato per la verifica del sistema di smaltimento delle acque meteoriche è pari a 100 anni come indicato nel R.R. 7/2017 nell'art. 10 comma 2. Inoltre, i valori di intensità di pioggia vengono incrementati del 20% per tenere conto del cambiamento cimato.

3.3 Coefficiente udometrico

Essendo il progetto un'area di pericolosità idraulica A il coefficiente udometrico usato è pari a 10 l/s per ettaro che fornisca una portata in uscita pari a 140 l/s arrotondando per difetto.

4. Stato di progetto

4.1 Impianto di smaltimento delle acque meteoriche

La rete di drenaggio delle acque piovane a gravità è progettata per raccogliere il deflusso per l'evento T100 (1 evento ogni 100 anni), con un ulteriore 20% per tenere conto dei cambiamenti climatici. L'acqua piovana viene raccolta da tutte le superfici impermeabili del sito attraverso una rete di griglie, canali di drenaggio e pluviali. I tubi in cemento hanno un diametro interno di 0,6 m, tranne quelli tra i serbatoi e i punti di scarico, che hanno un diametro di 0,315 m e funzionano come tubi in pressione. Il sistema di drenaggio delle acque meteoriche opera separatamente dal sistema di scarico delle acque reflue.

Figura 3 - Rete di smaltimento delle acque meteoriche

4.2 Volumi di laminazione

Per ridurre la portata di scarico e mantenere il flusso di uscita al di sotto di 140 l/s, il sistema include due serbatoi di attenuazione. Il primo serbatoio, situato a nord (VN), ha un volume di 3720 m^3, mentre il secondo serbatoio è situato sotto il parcheggio a sud (VS) del sito e ha un volume di 13700 m^3. Per bilanciare il flusso all'interno del sistema e prevenire allagamenti in VN, è stato installato un tubo di troppo pieno nel serbatoio che si collega per gravità al sistema VS.

Entrambi i serbatoi sono sotterranei a una profondità di 4 metri dal livello del suolo. Di conseguenza, richiedono pompe per scaricare l'acqua nella condotta esistente. In questa fase del progetto, non ci sono indicazioni sull'elevazione invertita delle condotte esistenti. Pertanto, le stazioni di pompaggio sono progettate in base alla portata piuttosto che alla testa.

5. Modellazione idraulica con SWMM

Il modello numerico idraulico utilizzato per verificare il sistema di smaltimento delle acque è chiamato SWMM ed è riportato in dettaglio nell'Appendice B. Le principali ipotesi del modello sono.

5.1 Input del modello idraulico

La superficie impermeabile è stata divisa in elementi che vengono chiamati “subcatchment” definiti a livello idraulico dalla impermeabilità pari al 100% dalla superficie e dalla larghezza che contribuisce al calcolo del tempo di corrivazione. Il sistema viene diviso in due sottobacini Quello di Nord e quello di Sud. Nonostante ciò, i due sottobacino sono collegati da un sistema si troppo pieno posto nella vasca VN che viene collegato al sistema di smaltimento relativo alla vasca VS. In questo modo si equilibrano maggiormente i livelli di piena delle due vasche evitando che la vasca VN raggiunga un riempimento troppo elevato.

Ogni subcatchment è collegato parametricamente ad un nodo che non sono altro che i pozzetti di ispezione che formano la rete. I pozzetti di ispezione sono quindi collegati da elementi di “link” aventi un diametro interno di 600 mm. La definizione del materiale viene fatta tramite i coefficienti di attrito che giocano un ruolo fondamentale nelle condotte in pressione all’uscita con diametro nominale DN 315.

Le piogge vengono inserite come input (carico) tramite un diagramma dell’intensità avente una forma triangolare con il massimo dell’intensità in corrispondenza che avviene al tempo di riferimento della pioggia. Quest’ultimo è stato scelto con un’iterazione al fine di massimizzare il volume di acqua laminata. I periodi di pioggia scelti per l’iterazione sono: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore. Questa iterazione si basa sul principio che l’intensità diminuisce all’aumentare del tempo di pioggia. Nell’Appendice B viene riportata una descrizione esaustiva del modello numerico usato.

Di seguito un delle ipotesi fatte nel modello idraulico:

- Tutte le superfici impermeabili sono considerate al 100% impermeabili.
- L'evento di pioggia critico per il sistema ha una durata di 6 ore e un periodo di ritorno di 100 anni, con un ulteriore 20% per tenere conto dei cambiamenti climatici.
- L'area verde non è collegata al sistema di smaltimento delle acque piovane.
- Le pompe regolano lo scarico del sistema, mantenendolo al di sotto di 140 l/s.
- Tutti i tubi hanno un diametro interno di 0,6 metri.
- I tubi hanno una pendenza costante dello 0,1%.

- Il sistema è diviso in sezioni nord e sud in relazione ai serbatoi di attenuazione. Tuttavia, i due sottosistemi sono collegati da un tubo di troppo pieno nel VN.
- Ci sono due punti di scarico con tubi di mandata forzata aventi un diametro interno di 0,315 metri.
- Le volumetrie del sistema di laminazione sono state verificate assicurando che i risultati della modellazione non registrassero esondazione ai nodi.

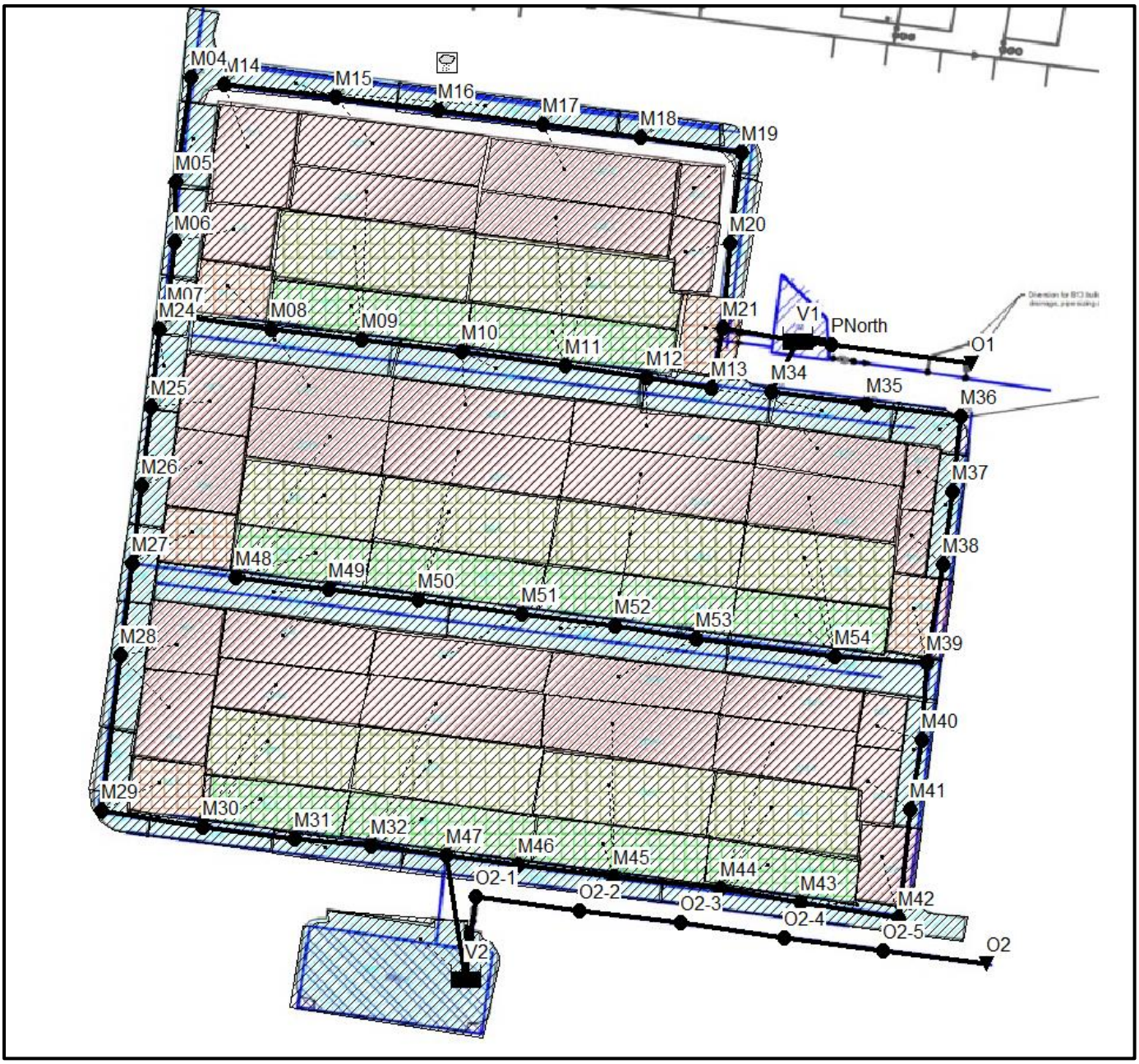


Figura 4 - Vista in planimetria del modello idraulico SWMM

5.2 Risultati modello con Tr = 50 anni

5.2.1 Iterazione del tempo di pioggia

Iterando le simulazioni sul volume di laminazione variando il tempo di pioggia si ottiene che il tempo critico è pari a 6 ore. Dato che i diagrammi di intensità usati sono di tipo triangolare, si ha che il massimo dell'intensità si ha al tempo per poi diminuire con lo stesso gradiente. Quindi la pioggia che si ottiene ha una durata complessiva di 12 ore. Nei prossimi capitoli tutti i risultati che verranno esposti si riferiranno ad una pioggia con una durata di sei ore ed un'intensità massima pari a 21.55 mm/h che tiene conto anche dell'incremento del 20 % dovuto al cambiamento climatico.

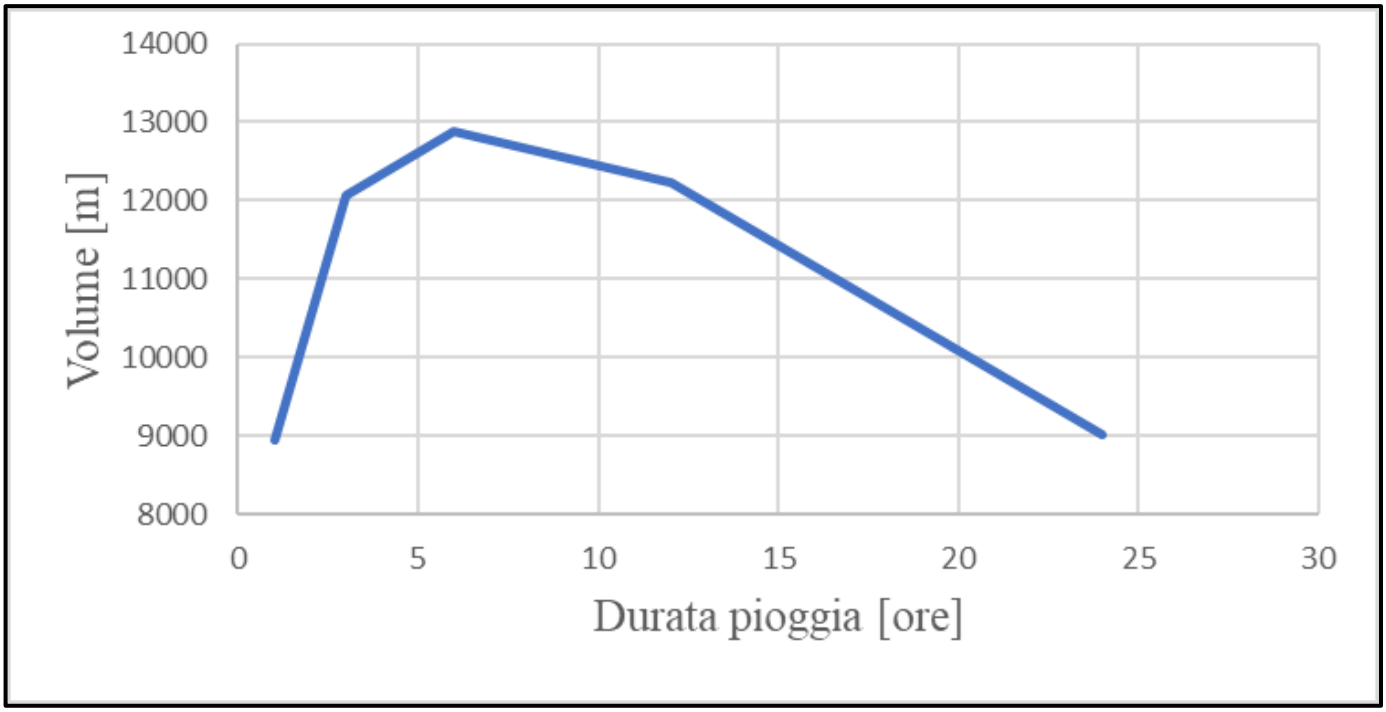


Figura 5 - Variazione del volume totale di laminazione del sistema per differenti tempi di pioggia

Tabella 3 - Tabella riassuntiva dell'iterazione sul volume totale di laminazione

Tempo critico (minuti – ore)	Tempo di pioggia (minuti - ore)	Volume totale di laminazione (m^3)
60 - 1	120 - 2	8956.65
180 – 3	360 – 6	12078.00
360 - 6	720 - 12	12894.10
720 - 12	1440 - 24	12230.10
1440 - 24	2880 - 48	9023.02

Si noti, che il volume riportato nelle tabelle è il massimo che viene contenuto da tutto il sistema: vasche di laminazione e le tubazioni.

5.2.2 Riempimento delle vasche di laminazione (Tr = 50 anni)

I risultati della simulazione mostrano le due vasche non vengono riempite al 100% e il troppo pieno che collega i due sistemi fa si che la vasca di laminazione collocata a Nord non esondi, mantenendo il livello sotto una certa soglia.

Tabella 4 - Volumi massimi di laminazione nelle sole vasche di laminazione e i rispettivi gradi di riempimento per Tr = 50 anni

Nome Vasca	Volume massimo di laminazione (m^3)	Grado di riempimento massimo (%)	Tempo di massimo riempimento (ore)
VN	3038.00	82	08:10
VS	9101.00	66	11:29

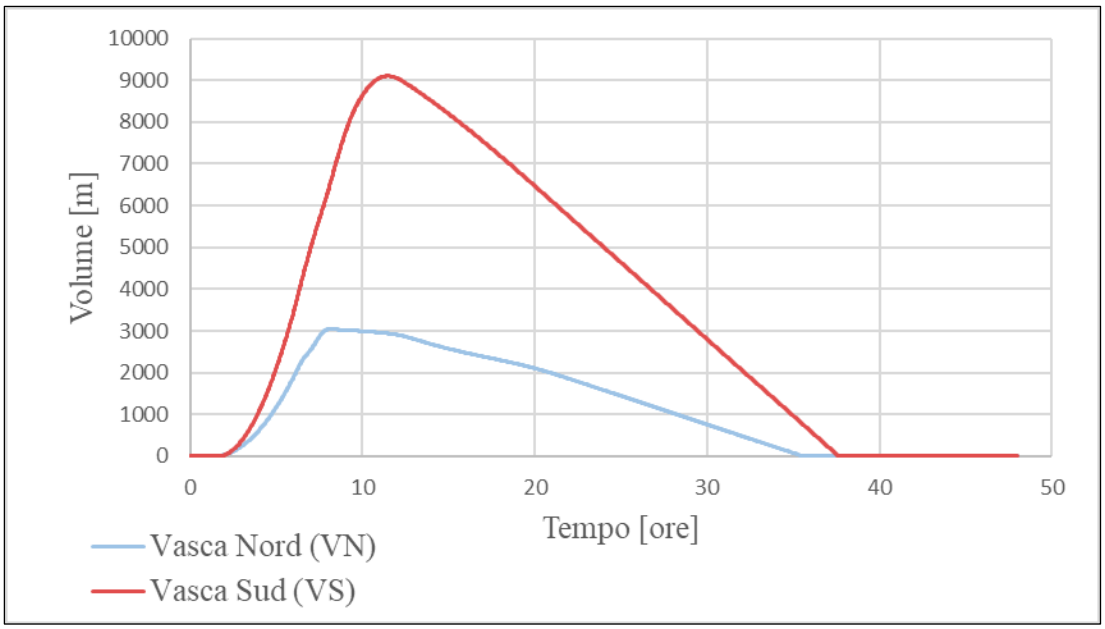


Figura 6 - Idrogrammi di piena delle due vasche interrate per Tr = 50 anni

Il resto del volume di laminazione viene assorbito dalle tubazioni in cls con diametro interno 0.6 m (diametro nominale DN 600)

5.2.3 Volume totale del sistema di laminazione (Tr = 50 anni)

Il volume di laminazione massima si ha intorno alle 11 ore di simulazione e viene compensato dal complessivo delle vasche di laminazione e dal sistema di tubazioni che vengono in parte allagate da un flusso di ritorno dal momento che si alza il livello di acqua all'interno delle vasche di ritorno.

Tabella 5 - Volumi di laminazione totali per Tr = 50 anni

Nome Vasca	Volume massimo di laminazione (m^3)
Vasche	12139.00
Tubazioni	755.10
Totale	12984.10

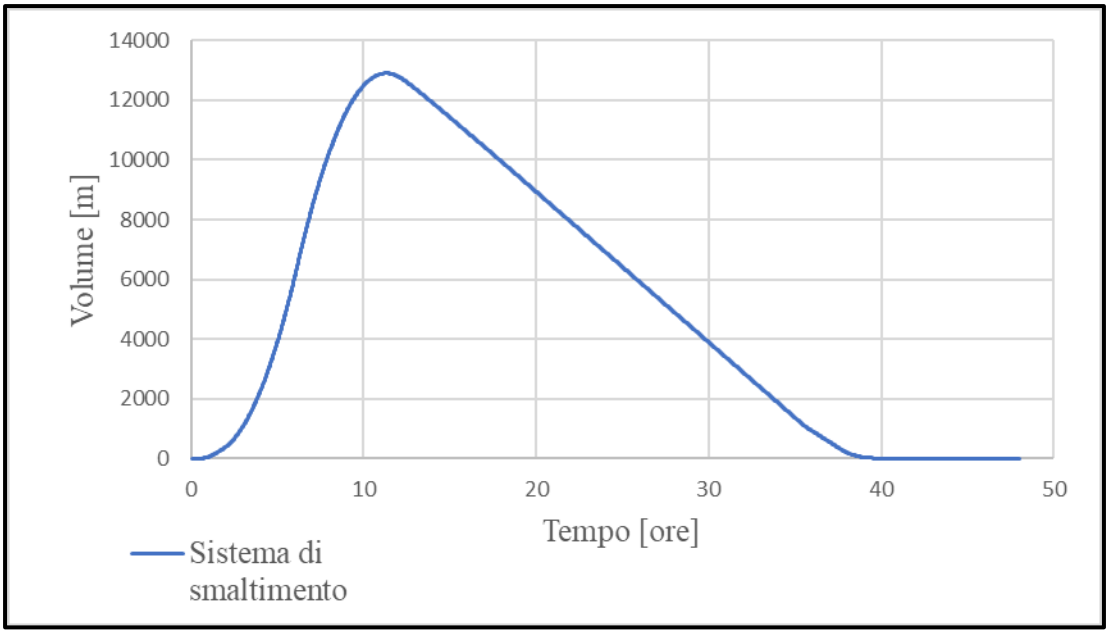


Figura 7 - Diagramma del volume totale di laminazione per Tr = 50 anni

5.2.4 Esondazione dei tombini (Tr = 50 anni)

Dall'analisi dei termini dell'equazione di continuità si evince che il sistema non subisce nessun tipo di esondazione. Infatti, il termine denominato "Flooding Loss" corrisponde a zero. In particolare, questo termine indica la quantità di volume persa per esondazione dal sistema di smaltimento.

Tabella 6 - Componenti dell'equazione di continuità per Tr = 50 anni

Contributions	Volume hectare * m	Volume (m^3)
Dry Weather Inflow	0	0
Wet Weather Inflow	1.811	18113
Groundwater Inflow	0	0
RDII Inflow	0	0
External Inflow	0	0
External Outflow	1.811	18113
Flooding Loss	**0**	**0**
Evaporation Loss	0	0
Exfiltration Loss	0	0
Initial Stored Volume	0	0
Final Stored Volume	0.002	20
Continuity Error (%)	-0.002	

In particolare, la tabella mostra il totale del volume dovuto alle piogge viene compensato dallo scarico che coincide numericamente con i nodi di uscita e fisicamente con lo scarico nella rete esistente. Inoltre, si nota il basso errore accumulato pari alo 0.002 %.
Dai profili idraulici estratti dal modello idraulico riportati nell'Allegato D si nota come il livello dell'acqua nel momento di massimo riempimento del sistema, non raggiunge mai il piano campagna.

5.2.5 Tempo di svuotamento del sistema (Tr = 50 anni)

Dalle figure riportate nei capitoli precedenti si evince che il tempo di svuotamento è inferiore alle 48 ore.
Di seguito, comunque, si riporta il calcolo del tempo di svuotamento così come indicato nel R.R. 7/2017.

$$\frac{W}{Q_u} = \frac{12984.10\ mc}{140\ l/s} = 25.76\ ore$$

Il calcolo viene eseguito come se fosse un unico sistema per la presenza del troppo pieno che fa si che i sistemi siano uniti tra di loro.

5.3 Verifica con tempo di ritorno Tr = 100 anni

5.3.1 Volumi e fattori di sicurezza (Tr = 100 anni)

Con un tempo di ritorno di 100 anni si vede che le vasche di laminazione hanno un grado di riempimento maggiore ma inferiore al 100 % con un grado di sicurezza maggiore dell'unità calcolato come inverso del grado di riempimento massimo.

Tabella 7 - Volumi massimi di laminazione nelle sole vasche di laminazione e i rispettivi gradi di riempimento

Nome Vasca	Volume massimo di laminazione (m^3)	Grado di riempimento massimo (%)	Fattore di sicurezza (-)	Tempo di massimo riempimento (ore)
VN	3228.00	87	1.15	08:07
VS	10879.00	79	1.26	11:33

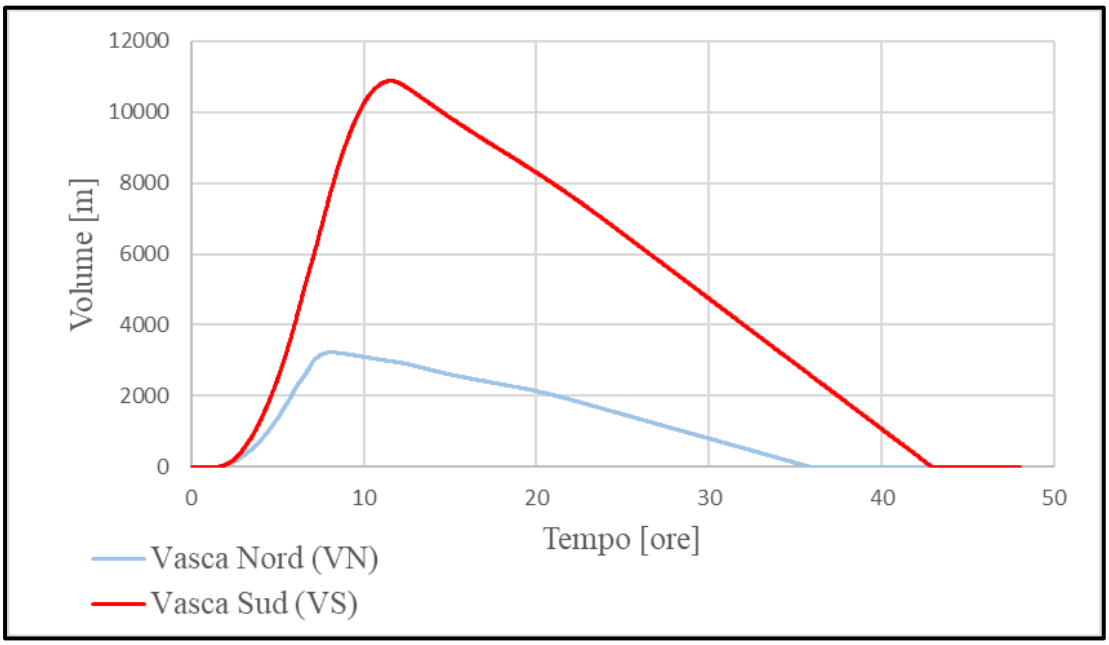


Figura 8 - Diagramma dei volumi delle due vasche di laminazione per Tr = 100 anni

Come effetto del troppo pieno si ha che la differenza tra il volume di laminazione della vasca VN non varia molto tra Tr = 50 anni e Tr = 100 anni mantenendo così il grado di riempimento massimo comunque contenuto.

5.3.2 Fattori di sicurezza altezza d'acqua (Tr = 100 anni)

Per quanto riguarda i fattori di sicurezza relativi alle altezze che si formano all'interno delle vasche di laminazione si hanno i seguenti valori.

Tabella 8 - Fattori di sicurezza per Tr = 100 anni

Nome Vasca	Altezza massima di acqua (m)	Altezza della vasca (m)	Fattore di sicurezza (-)
VN	3.9	4.5	1.15
VS	3.5	4.5	1.28

5.3.3 Volume di laminazione totale (Tr = 100 anni)

Una conseguenza della progettazione delle vasche di laminazione è che, in caso di un evento meteorico particolarmente significativo, le tubazioni risultano meno scariche in percentuale e le vasche presentano un riempimento relativo maggiore rispetto ai valori calcolati con un periodo di ritorno (Tr) di 50 anni. Questo fa si che la probabilità di allagamento si abbassi.

Tabella 9 - Volumi totali di laminazione per Tr = 100 anni

Nome Vasca	Volume massimo di laminazione (m3)
Vasche	14107.00
Tubazioni	714.02
Totale	14821.02

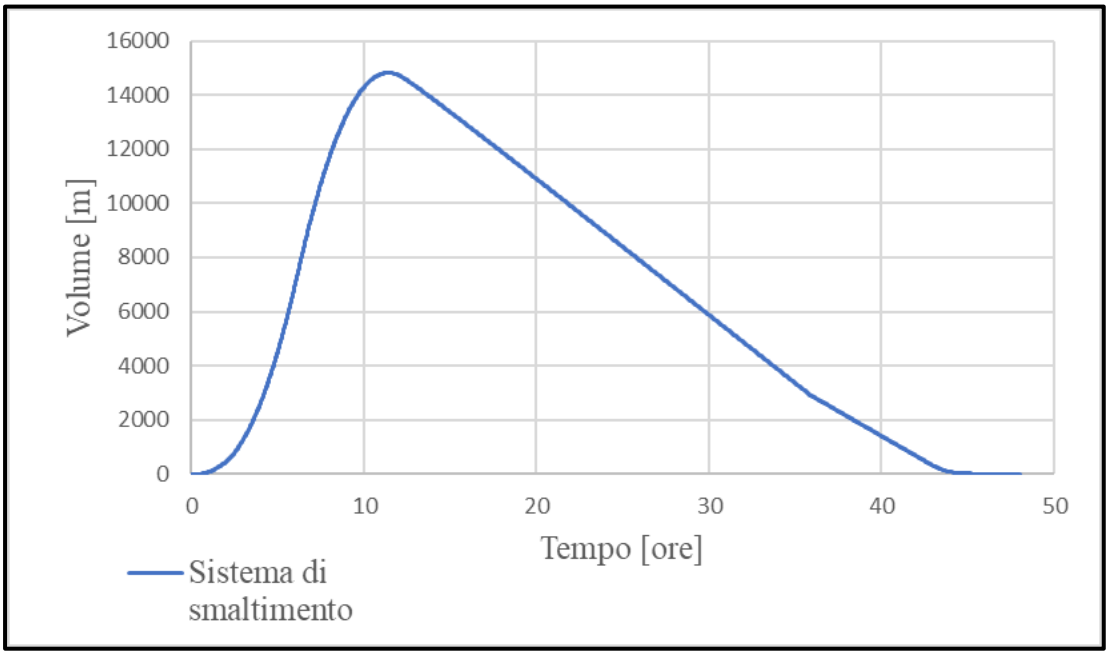


Figura 9 - Diagramma del volume di laminazione totale per Tr = 100 anni

5.3.4 Esondazione dei tombini (Tr = 100 anni)

Come già visto dai gradi di riempimento delle vasche il sistema è in grado di prevedere l'esondazione del pozzetti di ispezione grazie al fatto che in percentuale le vasche accumulano più volume rispetto alle tubazioni che quindi hanno un riempimento massimo limitato anche in caso di un evento meteorico corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni. Quindi, l'esondazione anche in questo caso risulta essere nulla.

Tabella 10 - Componenti dell'equazione di continuità per Tr = 100 anni

Contributions	Volume hectare * m	Volume (m^3)
Dry Weather Inflow	0	0
Wet Weather Inflow	2.012	20119
Groundwater Inflow	0	0
RDII Inflow	0	0
External Inflow	0	0
External Outflow	2.012	20117
Flooding Loss	**0**	**0**
Evaporation Loss	0	0
Exfiltration Loss	0	0
Initial Stored Volume	0	0
Final Stored Volume	0.002	20
Continuity Error (%)	-0.002	

Inoltre, anche con Tr = 100 anni l'errore computazionale rimane dello 0.2%. Nell'Appendice B vengono riportati i profili estratti dal modello idraulico SWMM

Appendice A – Curve di possibilità pluviometrica (CPP)

Il servizio di mappa presente sul sito *http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtmll* di ARPA Lombardia fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica valida per ogni località della Lombardia espressa nella forma:

$$h = aD^n = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k}\langle 1 - \left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]^k \rangle$$

Dove:

- h è l'altezza di pioggia
- D è la durata di pioggia
- a_1 il coefficiente pluviometrico orario (fornito da ARPA Lombardia)
- w_T il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno
- n è l'esponente della curva (parametri di scala)
- α, ε e k sono i parametri della legge probabilistiche GEV adottate (forniti da ARPA Lombardia)

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il si indica il valore n = o.5 in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica.

Per il lotto oggetto della seguente relazione i dati forniti da ARPA sono:

Tabella 11 - Parametri CPP forniti da ARPA Lombardia

a_1 coefficiente pluviometrico orario	31.13
n è l'esponente della curva	0.3001
GEV - α	0.2963
GEV - k	-0.0187
GEV - ε	0.8232

‘

Appendice B – Modello di calcolo SWMM

Il modello SWMM (EPA Storm Water Management Model) fu sviluppato nel 1969-1971 da tre gruppi: Metcalf & Eddy, University of Florida e Water Resources Engineers. Il suo scopo era di simulare, tramite un modello matematico di tipo deterministico, il comportamento delle aree urbane sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Inizialmente fu sviluppato per studiare i problemi dovuti agli scaricatori di piena delle fognature miste, ma successivamente fu ampiamente utilizzato per studiare problemi idraulici di fognature sia miste che separate e per la valutazione dell'inquinamento non puntuale di origine urbana. Il modello ha una struttura a "blocchi" o moduli. I principali sono il modulo "MET" per l'inserimento e la gestione dei dati meteorologici; il "Runoff Block" per la generazione del deflusso superficiale sul bacino a partire dalla pioggia; il "Transport Block" per la propagazione all'interno dei condotti fognari delle acque sia nere che bianche in ingresso dalle caditoie. Quest'ultimo viene affiancato e completato dal "Extended Transport Block" (EXTRAN) per la simulazione dinamica del comportamento idraulico della rete. Nei prossimi paragrafi verranno illustrate le formulazioni che il modello adotta, sia per il deflusso superficiale che per la propagazione all'interno della rete fognaria, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo descrivendo le varie equazioni alla base dello stesso.

Modellazione dell'evento meteorico

I dati di precipitazione piovosa rivestono grande importanza all'interno dei parametri idrologici richiesti da SWMM. Il programma richiede un'espressione dell'intensità di pioggia in funzione del tempo, per l'intera durata della simulazione. Per simulazioni costituite da un singolo evento, è possibile introdurre i dati di ben 10 diversi pluviometri; se invece si vogliono immettere serie temporali complete, occorre limitarsi ad un solo misuratore di pioggia.

Modelli per il deflusso superficiale

Questo modulo serve per simulare il deflusso sulla superficie del bacino sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Il programma ha come input i dati pluviometrici dai quali, calcolando le perdite idrologiche, determina l'input nella rete fognaria. L'intero bacino viene schematizzato come un insieme di sottobacini valutando il deflusso superficiale per ognuno di essi e, combinando poi i vari deflussi in uscita dai sottobacini,

con il modulo che esegue la propagazione nei condotti della rete fognaria. Nel modello SWMM ogni sottobacino viene schematizzato utilizzando tre sub-zone (diventerebbero quattro se si considerasse anche la neve) con cui si rappresentano le diverse proprietà delle superfici. La pendenza di questa superficie ideale viene assunta nella direzione perpendicolare alla larghezza. Da ogni sub-zona il deflusso passa direttamente nella rete fognaria senza che via siano passaggi da una superficie all'altra (ad esempio non è quindi possibile avere il deflusso dai tetti su altre superfici). La propagazione del deflusso superficiale avviene indipendentemente per ogni sub-zona e viene generato a partire dalla pioggia mediante uno schema a serbatoi non lineari.

Con tale schematizzazione si ha un sistema tra l'equazione di continuità e l'equazione del moto, rappresentata dall'equazione di Manning:

$$\frac{dV}{dT} = A \cdot \frac{dd}{dt} = A \cdot i^* - Q$$

Dove:

- V è il volume di acqua [m^3]
- d l'altezza d'acqua [m]
- t tempo [s]
- A superficie scolante [mq]
- i^* intensità di pioggia netta
- Q poortata in uscita [m^3/s]

La portata in uscita viene calcolata con l'equazione di Manning:

$$Q = L \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(d - d_p\right)^{5/3} \cdot \sqrt{s}$$

Dove:

- L è la larghezza dell'area scolante [m]
- n il coefficiente di Manning [$s/m^{1/3}$]
- d_p accumulo nelle depressioni superficiali [m]
- s pendenza del sottobacino versante [m/m]

L'equazione di continuità e l'equazione del moto possono essere combinate in una equazione differenziale non lineare che può essere risolta nell'incognita d'altezza d'acqua presente sul bacino. L'equazione del serbatoio non lineare è quindi:

$$\frac{dd}{dt} = i^* - \frac{L}{A \cdot n} \cdot \left(d - d_p\right)^{5/3} \cdot \sqrt{s}$$

Per ogni passo temporale tale equazione viene risolta con uno schema alle differenze finite. I valori di portata in ingresso ed in uscita sono forniti come valore medio sul passo temporale stabilito. Nel modello SWMM l'infiltrazione nelle superfici permeabili può essere valutata mediante l'equazione di Horton o in alternativa con l'equazione di Green-Ampt o il metodo Curve Number, sviluppato dallo US Soil Conservation Service.

Modello idraulico per il deflusso in rete

Il modulo “Transport” consente di eseguire la propagazione dell’onda di piena in ingresso dai pozzetti all’interno dei condotti della rete fognaria. Gli elementi essenziali che compongono la rete fognaria sono i pozzetti ed i condotti. Nei primi si ha l’immissione del deflusso proveniente dai sottobacini, il quale, una volta entrato nella rete fognaria, si propaga all'interno dei condotti mediante il modulo Extran. La figura riportata di seguito mostra come Extran sia in grado di simulare condotti, pozzetti (di semplice ispezione o di confluenza), soglie, luci, impianti di sollevamento (in linea o fuori linea), vasche di accumulo e scaricatori di varie tipologie. I risultati dell'elaborazione possono venire espressi (in forma numerica e grafica) in termine di andamenti delle portate e delle velocità nei condotti in esame, ma anche come livelli e profondità all'interno dei nodi. Extran utilizza una metodologia di descrizione della rete, tramite i nodi di collegamento, la quale facilita la rappresentazione della realtà fisica e la soluzione delle equazioni in moto gradualmente variato (De.Saint Venant), che stanno alla base del modello matematico.

Schematizzazione della rete

Come illustrato nella precedente immagine, il sistema fognario viene schematizzato come una sequenza di rami (condotti) e nodi. I condotti veicolano il flusso da nodo a nodo. La principale variabile indipendente per quanto riguarda i condotti è la portata (Q). Si tratta della portata media all'interno di ciascun tubo, assunta costante durante il singolo intervallo di tempo. La velocità e la sezione bagnata o l'altezza idrica possono invece variare all'interno del tubo I nodi sono gli elementi di compenso del sistema e corrispondono nella realtà ai pozzetti di ispezione o alle confluenze tra i condotti. La principale variabile dipendente è il carico (H), il quale può variare ad ogni passo temporale. Gli ingressi (idrogrammi) e le uscite (soglie sfioranti) si verificano idealmente sempre ai nodi. Il volume del nodo é, in ogni istante, equivalente a quello presente nella metà della lunghezza dei tubi connessi al nodo stesso. Il cambiamento del volume contenuto all'interno del nodo durante l'intervallo di tempo assegnato costituisce il fondamento dei calcoli di carichi e portate citati in precedenza.

Le equazioni del modello

Le equazioni differenziali fondamentali per l'analisi del comportamento della rete fognaria derivano da quelle per il moto vario nei canali a pelo libero, meglio note come equazioni di De St. Venant. La prima di tali relazioni è l'equazione di continuità:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

Dove:

- A è la sezione della condotta [mq]
- Q la portata della condotta [l/s]
- x la distanza lungo l’asse della condotta [m]

La seconda è l’equazione del moto:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Q^2/A)}{\partial x} + gA\frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$

Dove:

- g è l’accelerazione di gravità
- H è il carico idraulico

- S_f la cadente piezometrica definita dall'equazione di Manning:

$$S_f = \frac{k}{gAR^{4/3}} Q|V|$$

Dove:

R è il raggio idraulico.

Extran utilizza l'equazione del momento nei rami ed una speciale equazione "condensata" di continuità ai nodi; in questo modo vi é conservazione del moto nei condotti e continuità di massa nei pozzetti.

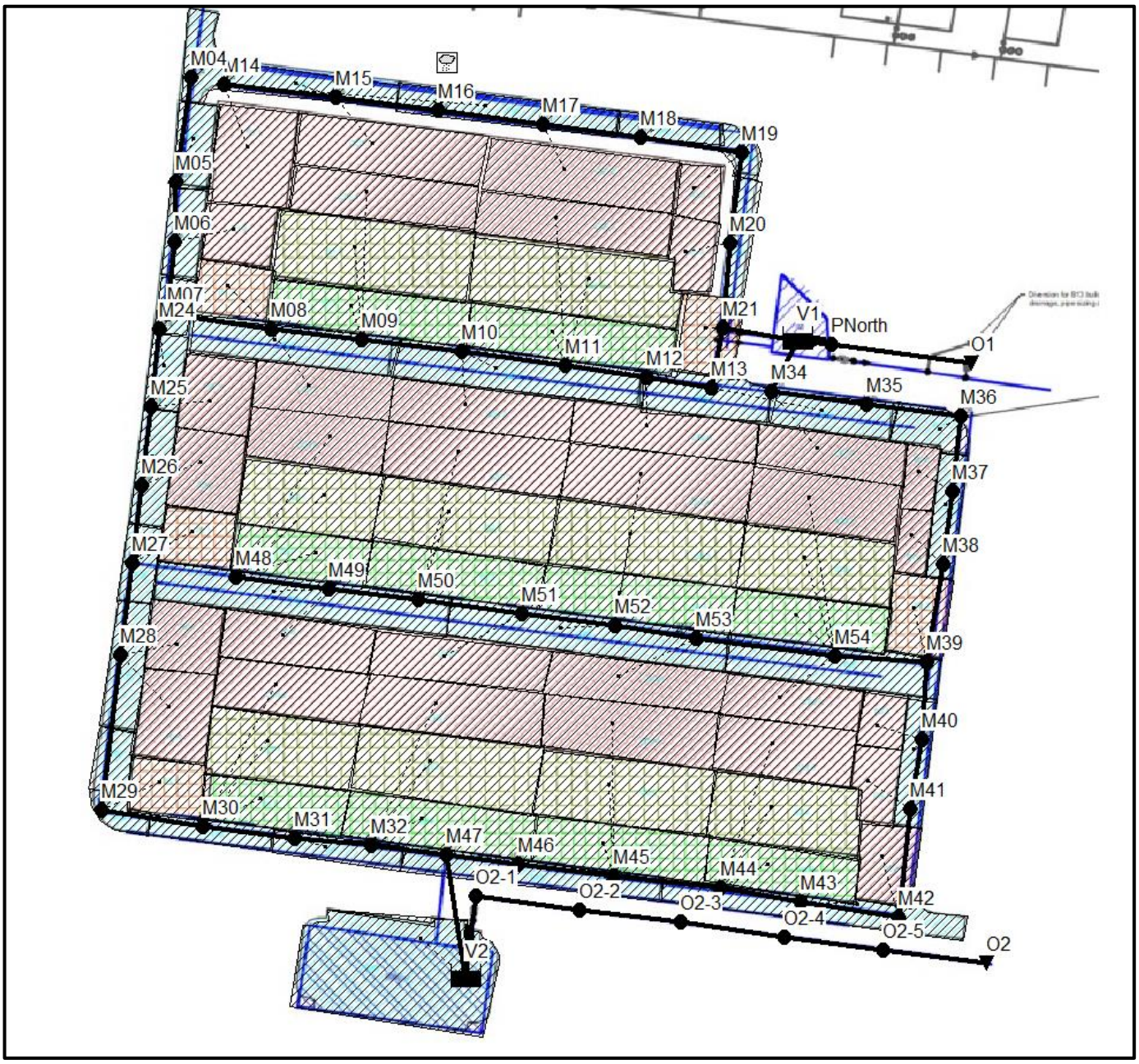
Per lo specifico utilizzo all'interno del motore di calcolo, l'equazione del moto viene combinata con quella di continuità per dar vita ad una nuova equazione, che possa essere risolta lungo ogni ramo, ad ogni passo temporale.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_f - 2V\frac{\partial A}{\partial t} - V^2\frac{\partial A}{\partial x} + gA\frac{\partial H}{\partial x} = 0$$

Le elaborazioni rami-nodi possono essere estese in modo da includere dispositivi che derivano la fognatura nera da una mista o che alleggeriscono il carico delle acque bianche tramite scaricatori di piena. In Extran, tutte le derivazioni si considerano concentrate ai nodi e sono trattate come trasferimenti internodali. Fra i dispositivi per la regolazione della portata inclusi nel programma, vi sono: stramazzi (frontali e laterali), luci a battente, impianti di sollevamento e scarichi.

Appendice C – Profili idraulici estratti dal modello idraulico

Nella seguente appendice vengono riportati i principali profili idraulici estratto direttamente estratti dal modello di idraulico elaborato con SWMM. Il livello di acqua rappresentato è quello corrispondente al livello massimo di volume del sistema di laminazione. Si nota che sia nel caso di tempo di ritorno Tr = 50 anni che Tr = 100 anni , non si ha la presenta di esondazione dei pozzetti di ispezione.


M04
M14
M15
M16
M17
M18
M19
M05
M06
M20
M07
M24
M08
M09
M10
M11
M12
M13
M21
V1
PNorth
O1
M34
M35
M36
M25
M26
M37
M27
M48
M49
M50
M51
M52
M53
M54
M38
M28
M39
M40
M29
M30
M31
M32
M47
M46
M45
M44
M43
M41
M42
O2-1
O2-2
O2-3
O2-4
O2-5
O2
V2

Tempo di ritorno 50 anni

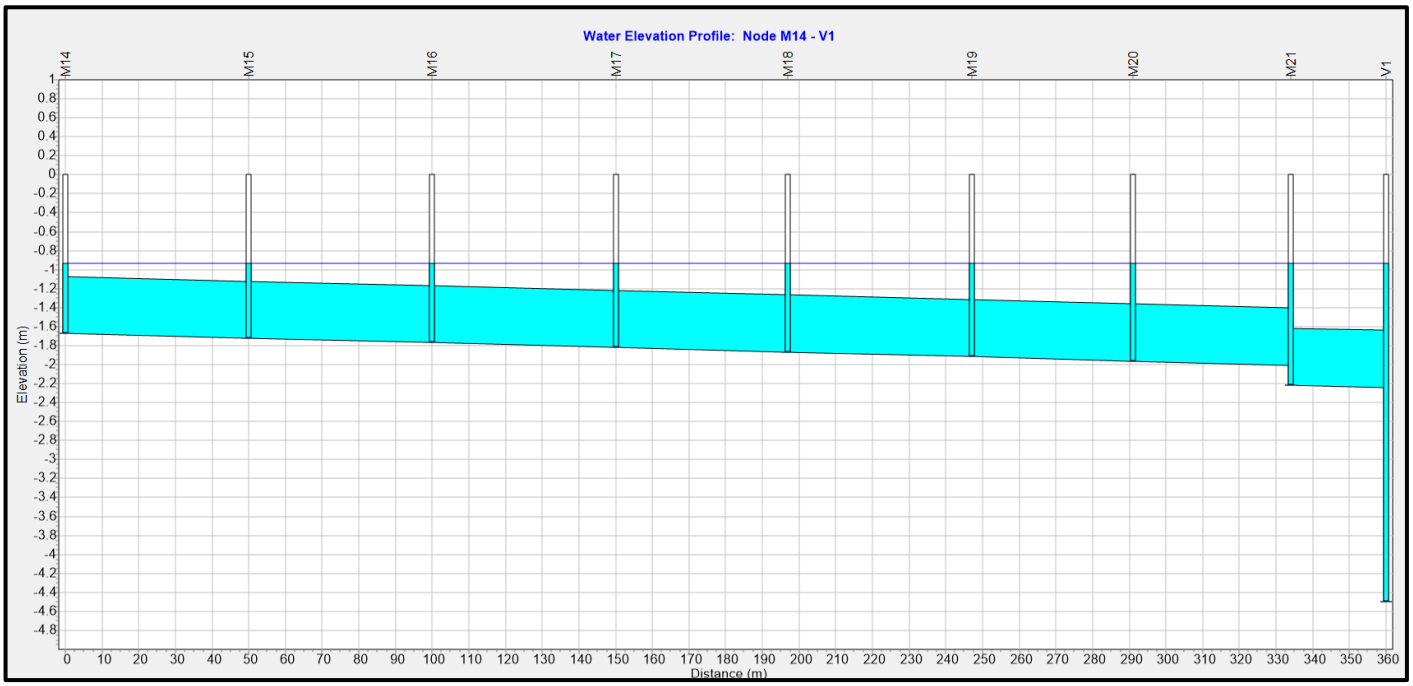


Figura 10 - Profilo M14 - V1 estratto da SWMM per Tr = 50 anni

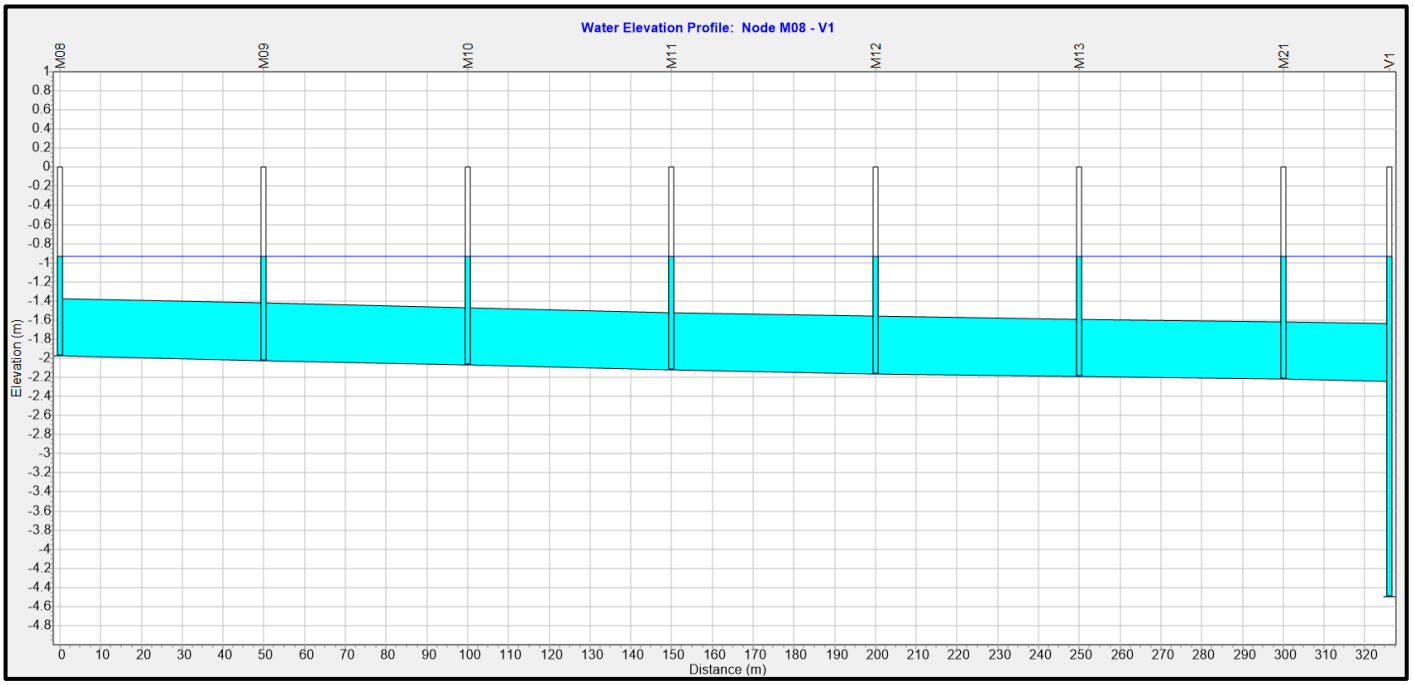


Figura 11 - Profilo M08 - V1 estratto da SWMM per Tr = 50 anni

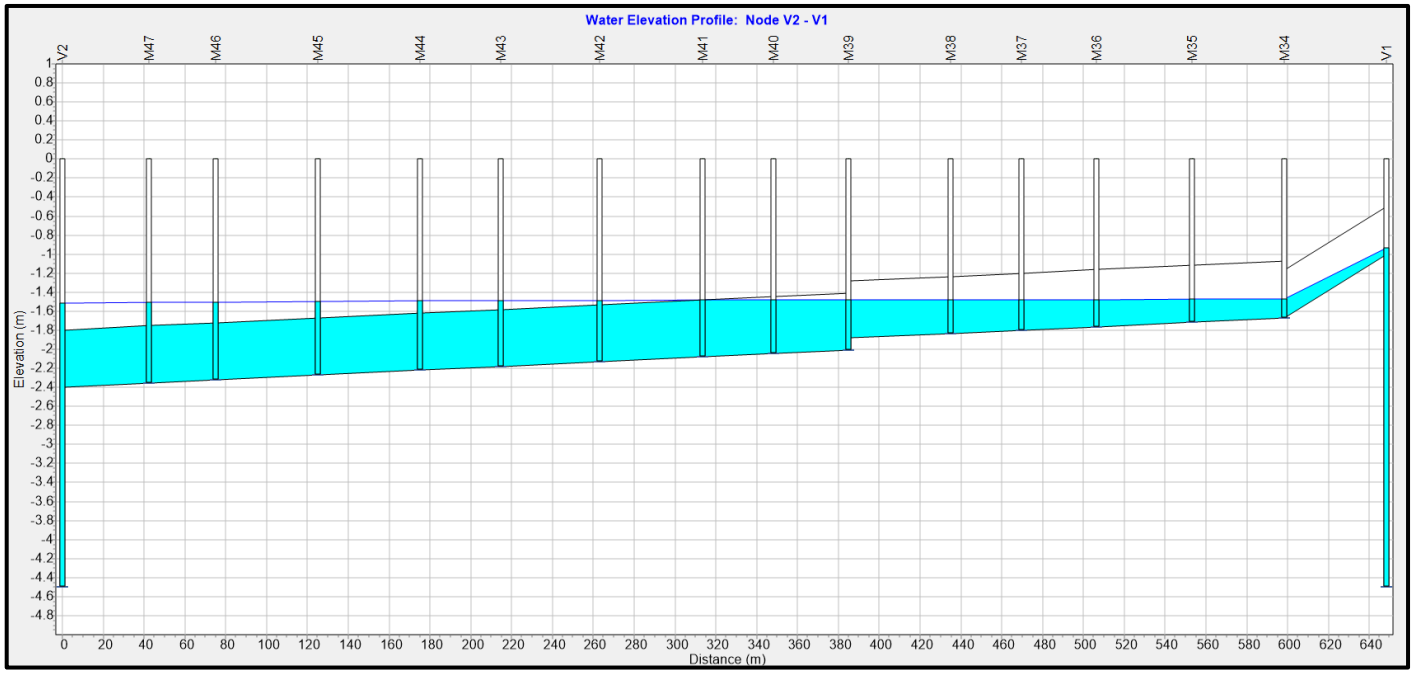


Figura 12 - Profilo V2 - V1 estratto da SWMM per Tr = 50 anni

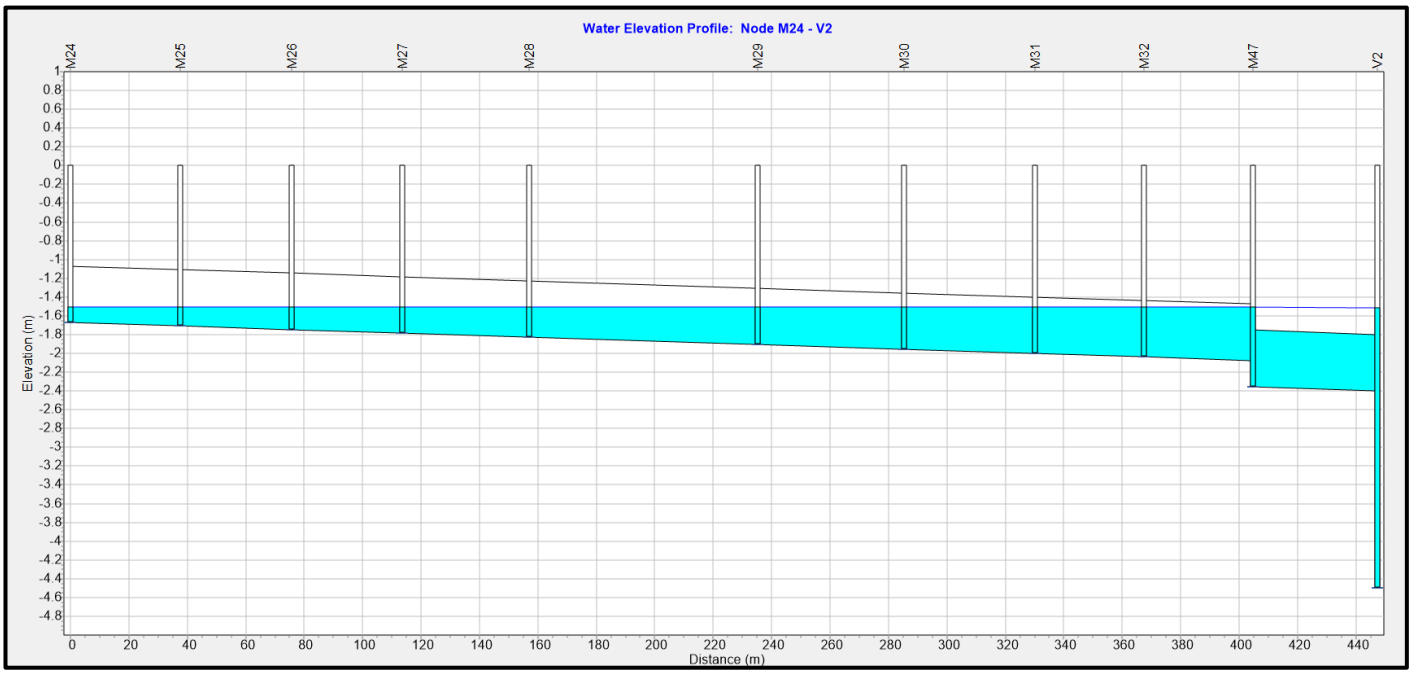


Figura 13 - Profilo M24 - V2 estratto da SWMM per Tr = 50 anni

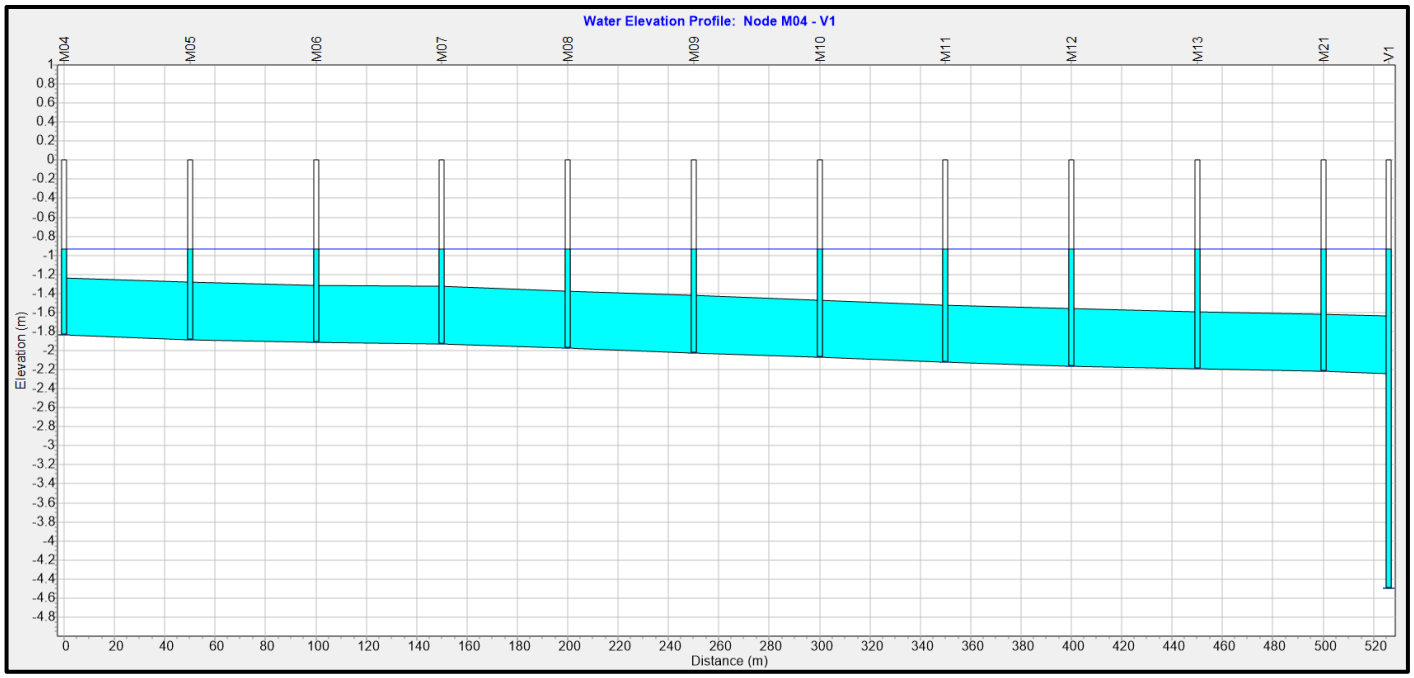


Figura 14 - Profilo M04 - V1 estratto da SWMM per Tr = 50 anni

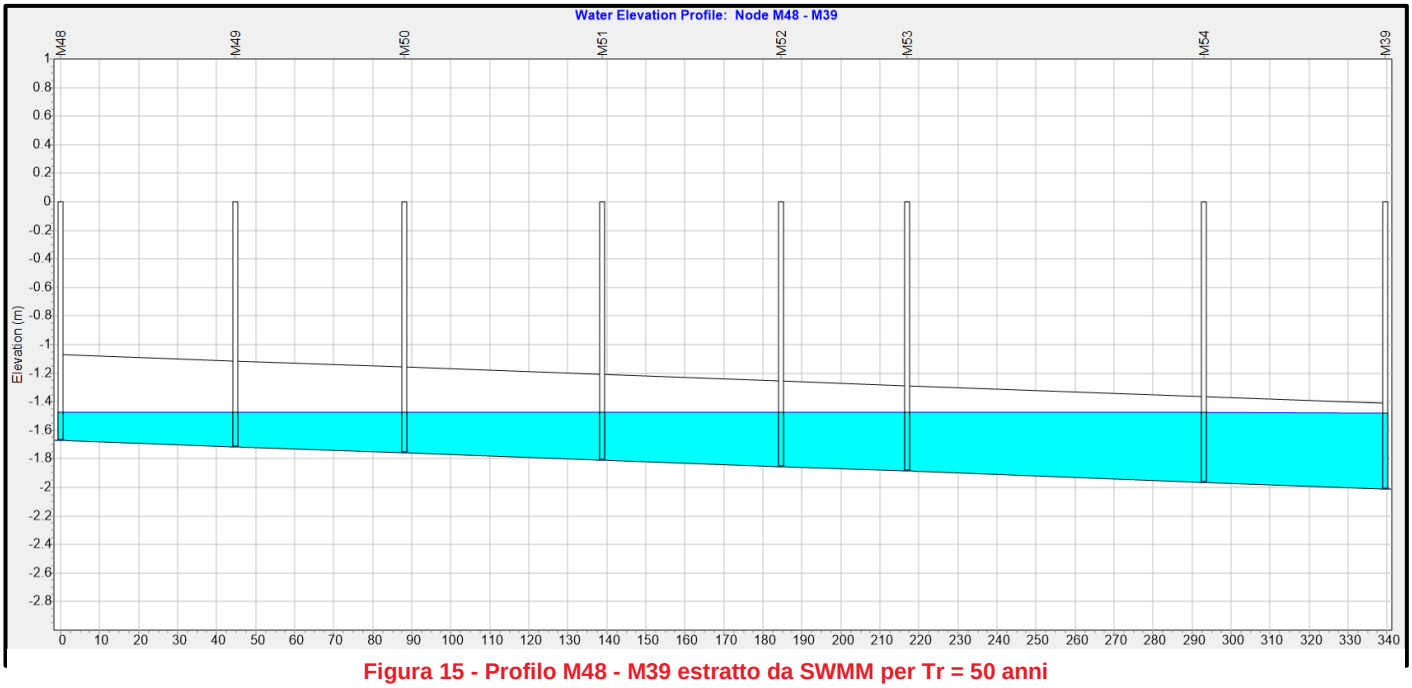


Figura 15 - Profilo M48 - M39 estratto da SWMM per Tr = 50 anni

Tempo di ritorno 100 anni

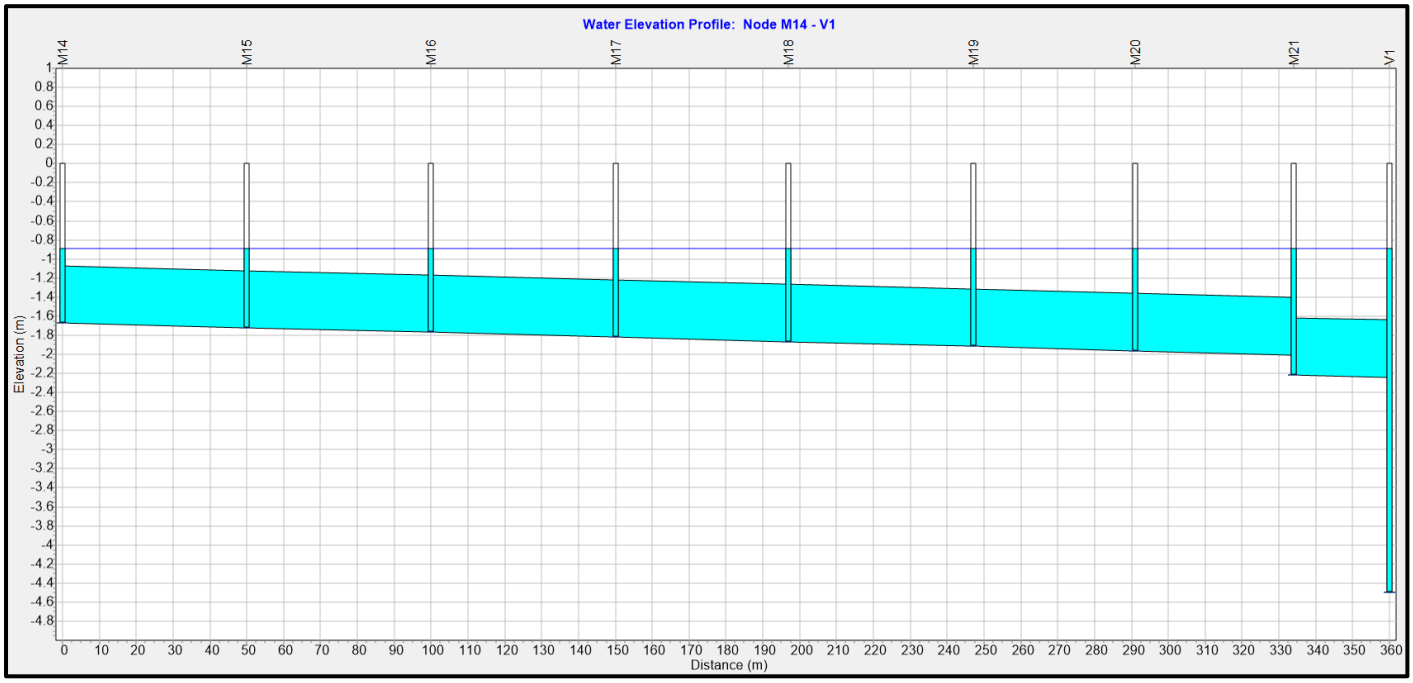


Figura 16 - Profilo M14 - V1 estratto da SWMM per Tr = 100 anni

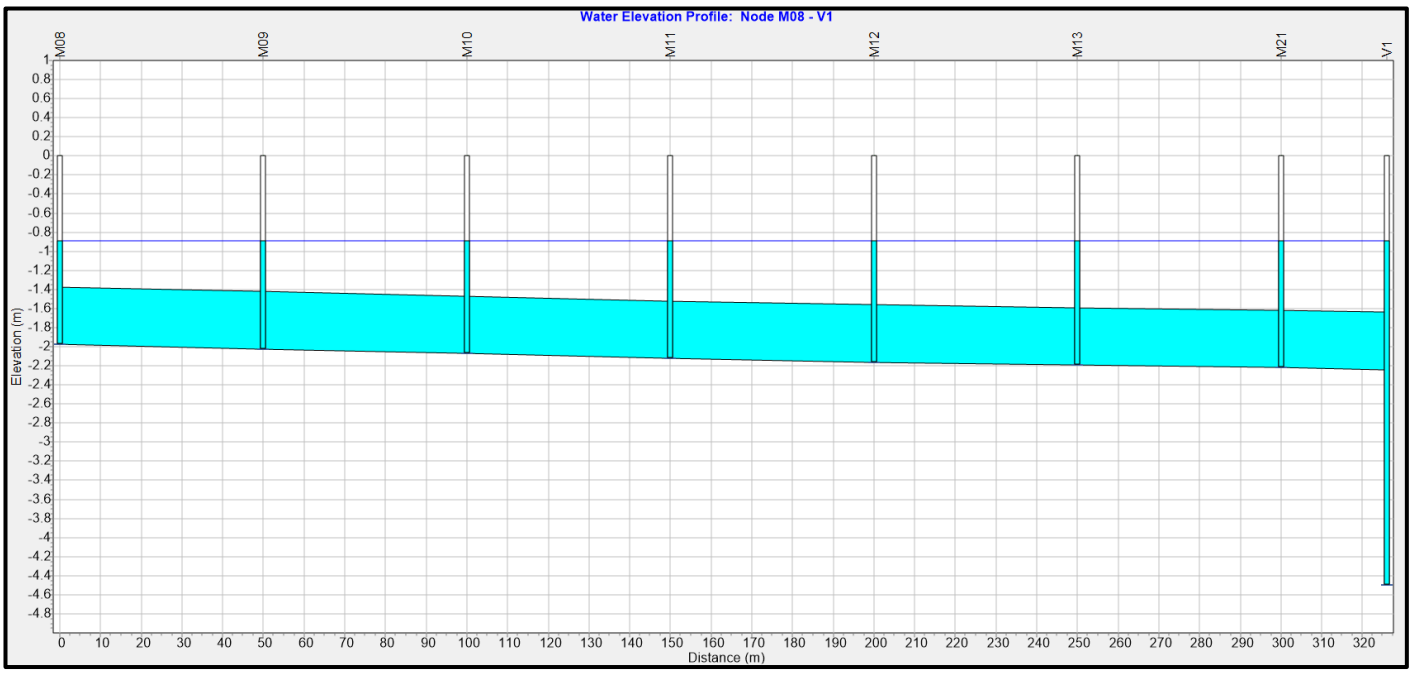


Figura 17 - Profilo M08 - V1 estratto da SWMM per Tr = 100 anni

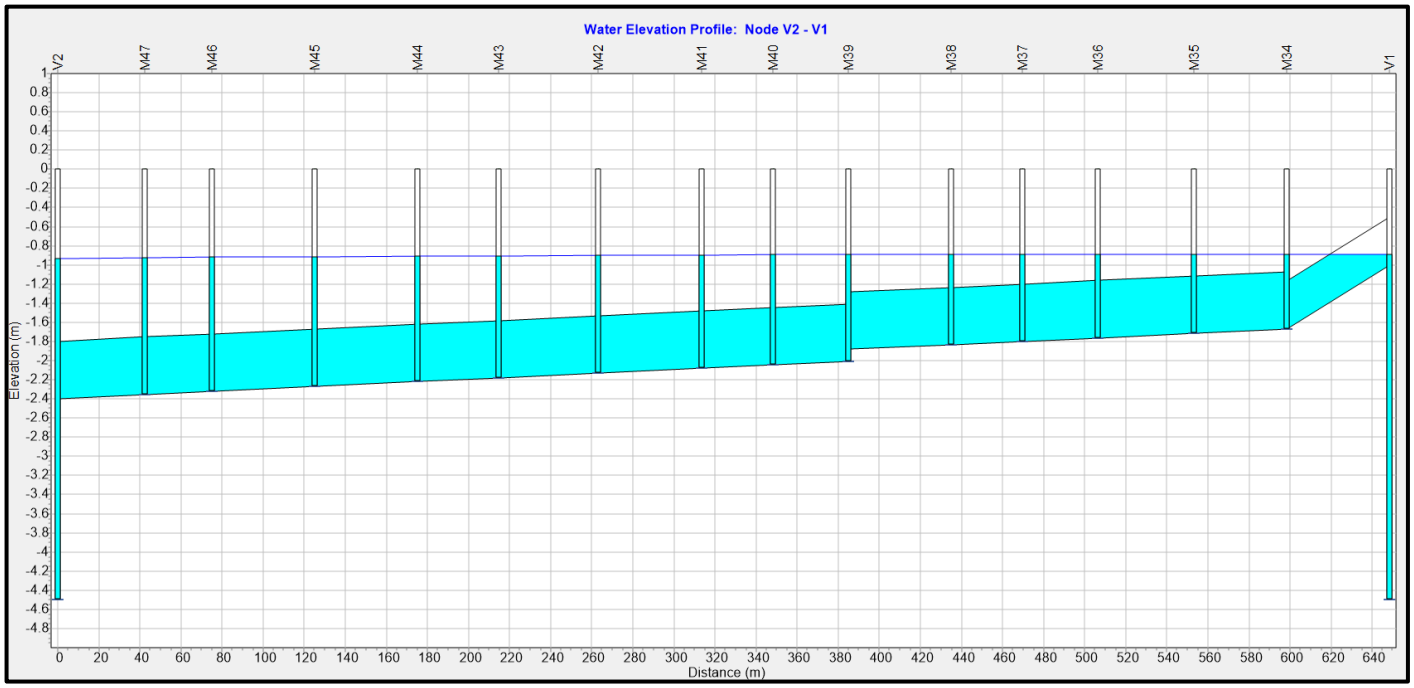


Figura 18 - Profilo V2 - V1 estratto da SWMM per Tr = 100 anni

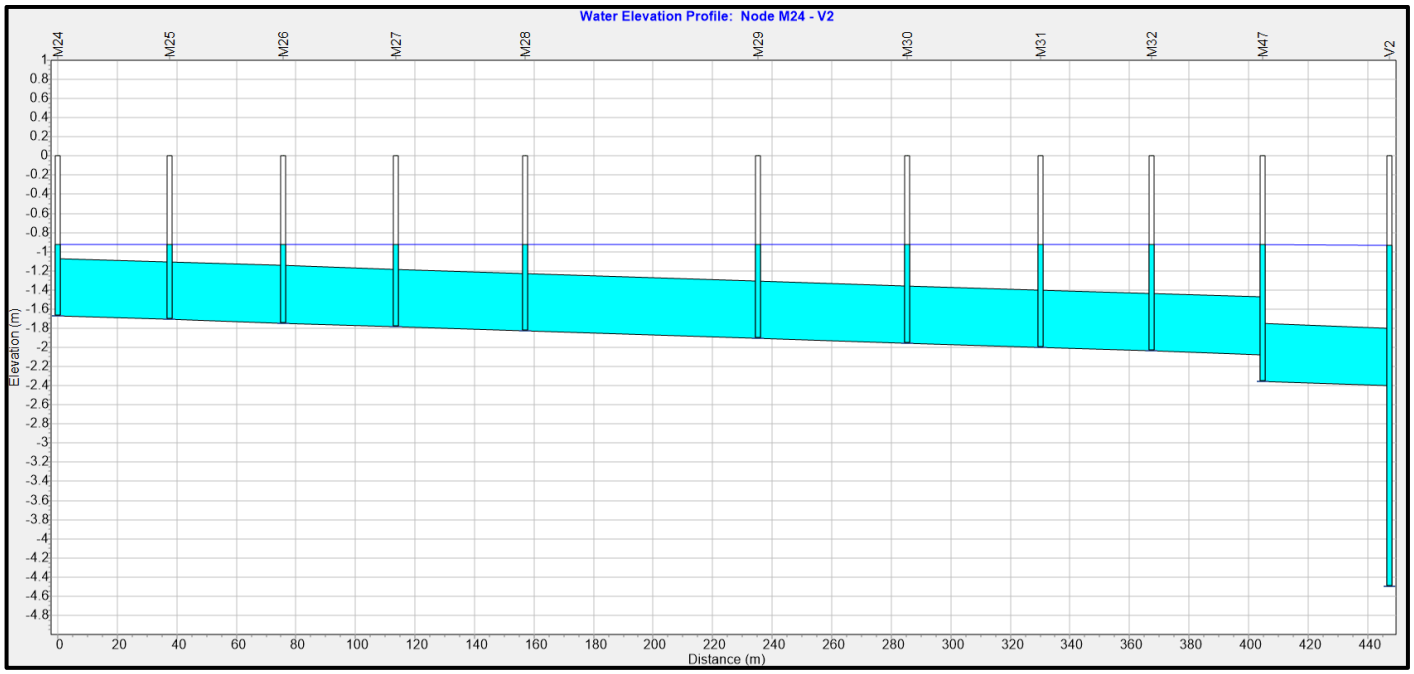


Figura 19 - Profilo M24 - V2 estratto da SWMM per Tr = 100 anni

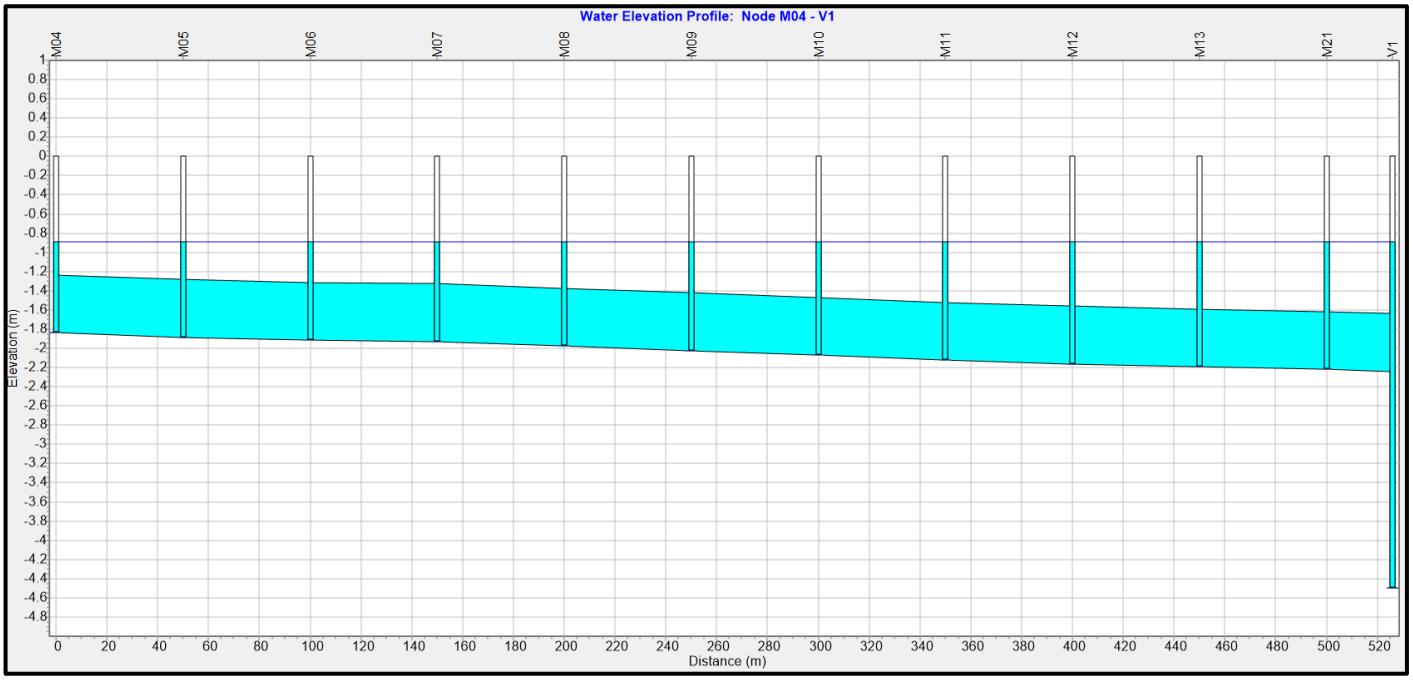
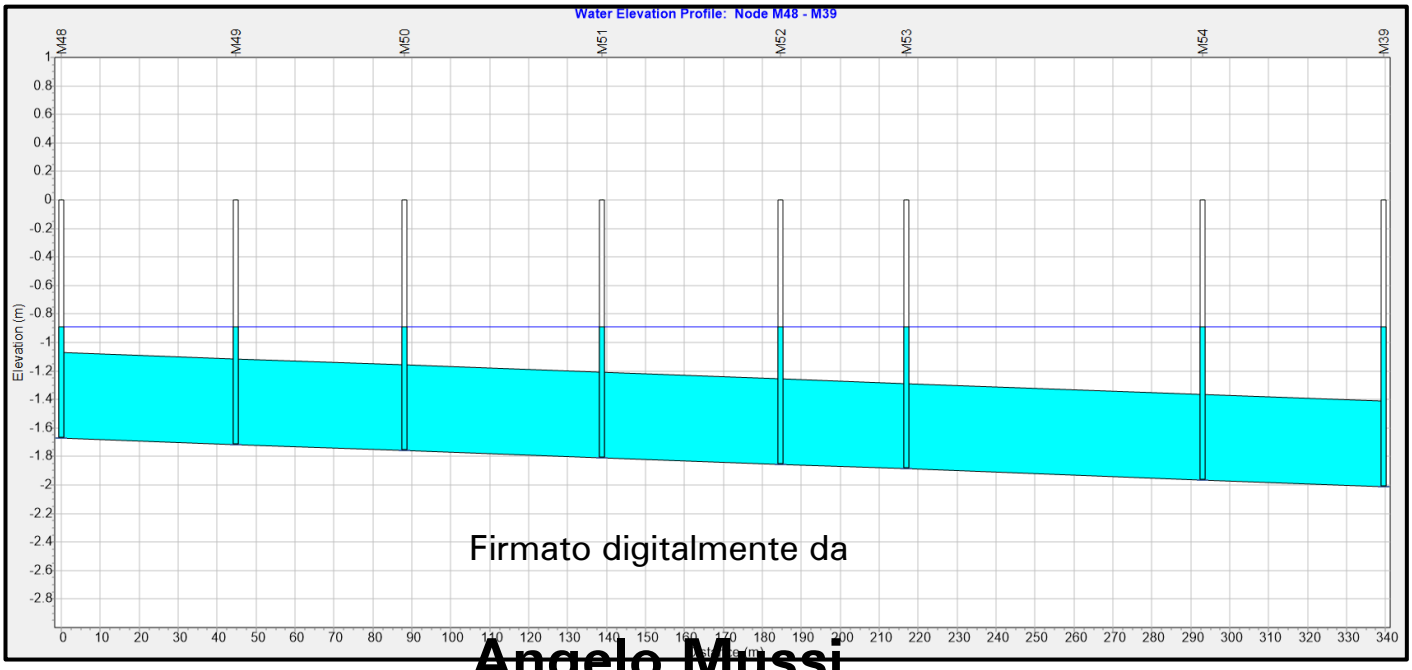


Figura 20 - Profilo M04 - V1 estratto da SWMM per Tr = 100 anni



Firmato digitalmente da

Angelo Mussi

Figura 21 - Profilo M48 - M39 estratto da SWMM per Tr = 100 anni

O = Ordine Ingegneri Provincia di Monza e della Brianza
C = IT